

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of) Group Art Unit: Unassigned
Raphael BACHMANN)) Examiner: Unassigned
Application No.: Unassigned)) Confirmation No.: Unassigned
Filed: April 8, 2005))
For: RAPID INPUT DEVICE))

PRELIMINARY AMENDMENT

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

Prior to examination, kindly amend the above-captioned application as follows:

がって、磁化ベクトルの方向を決める磁化容易軸の方向を制御することができる。現在この様な手法を用い作製されたCo-Cr系合金薄膜を情報記録層とする長手記録媒体または垂直記録媒体の研究開発が盛んに行われて いる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】上記Co-Cr系合金薄膜を用いた情報記録媒体に対し、特願平10-162318号には、情報の保存安定性に優れる結晶磁気異方性の大きいL10形規則合金薄膜を用いた垂直磁気記録媒体の図10(a), (b)の如くの構造とその製造方法が教示されている。この製造方法による垂直磁気記録媒体は、Cr, Pt, Pd, Au, Fe, Ni, MgO又はNiOの何れから選ばれた元素もしくは化合物を主成分とした下地層40を用い、L10形規則合金薄膜を情報記録層10とした情報記録媒体である(以下、図10(a)の構造をもつ媒体を「単層膜垂直磁気記録媒体」と記す)。

【0005】さらに記録特性の制御のためにFe, Fe20Si合金、バーマロイなどの軟磁性材料からなる層30を設け、L10形規則合金薄膜を情報記録層10とした情報記録媒体である(以下、図10(b)の構造をもつ媒体を「二層膜垂直磁気記録媒体」と記す)。この二層膜垂直磁気記録媒体は、単層膜垂直磁気記録媒体に比べ再生出力が増大することがT. SUZUKI, N. HONDA and K. OUCHI (1999 Digests of INTERMAG 99, AT-07)に示されている。

【0006】しかしながら、この様な二層膜垂直磁気記録媒体においては、単層膜垂直磁気記録媒体に比べ再生30出力の記録密度依存性が大きく、即ちこれは、低記録密度における再生出力が半分になる記録密度(以下、分解能と記す)が低減しており、実際の信号再生システムを用いた高密度記録においては好ましくない現象となる。今のところ、高い再生出力と高い分解能を両立する結晶磁気異方性の大きいL10形規則合金薄膜を用いた垂直磁気記録媒体の提案は見当たらない。

【0007】そこで、本発明の目的とするところは、結晶磁気異方性の大きいL10形規則合金薄膜を用いた高い再生出力と高い分解能を有する情報記録媒体を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明は以上の現状に鑑みて成されたものであり、上記課題を解決し目的を達成するため次のような手段を講じている。即ち、本発明の第一の発明として、高い再生出力と高い記録分解能を達成するためのL10形規則合金情報記録層を情報記録層とした新しい層構造で構成される磁気記録媒体とその媒体の製造方法を、特許請求の範囲に記載の如く提案するものである。

【0009】磁気記録媒体として、[1]軟磁性材料か

【特許請求の範囲】

【請求項1】軟磁性材料から成る層と、非磁性材料から成る層と、下記A群から選ばれるL10形規則合金情報記録層が順次形成された層構造を有することを特徴とする情報記録媒体。但し、A群は、FePt規則合金、CoPt規則合金又はFePd規則合金、及びこれらの合金。

【請求項2】前記A群から選ばれるL10形規則合金情報記録層の結晶格子面のミラー指数(001)が上記記録層の面と平行になるように形成されていることを特徴とする、請求項1に記載の情報記録媒体。

【請求項3】前記非磁性材料がMgOであることを特徴とする、請求項1に記載の情報記録媒体。

【請求項4】前記軟磁性材料は、下記B群から選ばることを特徴とする、請求項1に記載の情報記録媒体。但し、B群は、Fe、Fe-Si合金又はNi-Fe合金。

【請求項5】軟磁性層と、非磁性層と、下記A群から選ばれるL10形規則合金情報記録層とを、順次作製することを特徴とする情報記録媒体の製造方法。但し、A群は、FePt規則合金、CoPt規則合金又はFePd規則合金、及びこれらの合金。

【請求項6】前記L10形規則合金情報記録層の作製において、溶解法により作製されたスパッタターゲットを用いるスパッタ製膜法により、該L10形規則合金情報記録層を作製することを特徴とする、請求項5に記載の情報記録媒体の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は高密度記録技術に係わり、特に高い再生出力と高い記録分解能を達成する層構造を有する磁気記録媒体及びその媒体の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、磁気記録媒体は、膨大な情報量を記録する手段として盛んに研究開発が行なわれており、特にコンピュータ用ハード・ディスク装置に用いられる磁気記録媒体は、非常な勢いでその記録面密度の高密度化が進んでいる。現在、この記録媒体においては「長手記録方式」と称す記録膜の面内方向に磁化ベクトルを向 け信号を記録する記録方式が用いられているが、更なる高密度記録を実現する方法として、記録膜の垂直方向に磁化ベクトルを向け信号を記録する「垂直記録方式」

(S. Iwasaki and Y. Nakamura; IEEE Trans. Magn., vol. MAG-13, pp. 1272-1277, 1977) が注目されている。

【0003】一方、磁気記録材料としては、いずれの記録方式においても記録層としてCo-Cr系合金が主に用いられている。この際、下地層の種類、結晶配向性あるいは格子定数により、この層の直上に設けられたCo-Cr系合金の結晶配向性を制御することができ、した

ら成る層と非磁性材料から成る層とA群（：FePt規則合金、CoPt規則合金又はFePd規則合金、及びこれらの合金）から成る選ばれたL10形規則合金情報記録層が順次形成された層構造を有することを特徴とする情報記録媒体を提供する。さらにこの情報記録媒体は、A群から選ばれるL10形規則合金情報記録層の結晶格子面のミラー指数（001）が上記記録層の面と平行になるように形成されている【1】記載の記録媒体である。また、上記非磁性材料がMgOであることが特徴の【1】記載の記録媒体である。或いは、上記軟磁性材料がB群（：Fe、Fe-Si合金、Ni-Fe合金）から選ばれることができが特徴の【1】記載の記録媒体である。

【0010】またこの情報記録媒体の製造方法としては、【5】軟磁性層と、非磁性層と、A群（：FePt規則合金、CoPt規則合金又はFePd規則合金、及びこれらの合金）から選ばれるL10形規則合金情報記録層とを、順次作製することを特徴とする情報記録媒体の製造方法を提供する。この製造方法は、該L10形規則合金情報記録層の作製において、溶解法により作製されたスパッタターゲットを用いるスパッタ製膜法により、該L10形規則合金情報記録層を作製することを特徴とする【5】記載の製造方法である。

【0011】

【発明の実施の形態】本発明は、高い再生出力と高い記録分解能を達成する新規な層構造を有する磁気記録媒体及び、その記録媒体の新規な層構造を形成するための製造方法を教示するものである。以下に本発明に係わる好適な実施形態を挙げ、統いてその複数の実施例に基づき具体的に説明する。

【0012】磁気を用いた情報の記録再生を行うための情報記録媒体において、特に本発明の情報記録媒体は、図1（a）に示す如く、軟磁性材料から形成される層30と、非磁性材料から形成される層20と、下記のA群から選ばれるL10形規則合金情報記録層10と、が順次形成された層構造を有することを1つの主な特徴とするものである。但しここでのA群とは、FePt規則合金、CoPt規則合金又はFePd規則合金、及びこれらの合金であるとする。

【0013】また本発明においては、図1（a）に示す如く、情報の保存安定性に優れる情報記録媒体を得るために、上記A群から選ばれる結晶磁気異方性の高いL10形規則合金情報記録層10を用いることを特徴とする。この際、当該L10形規則合金薄膜10の膜厚は記録再生特性の観点から決めることができ、特に厚さの制約はないが、約5nm～200nm程度の範囲で設計することができる。さらに本発明の情報記録媒体は、図1（b）に示す如く、上記A群から選ばれるL10形規則合金情報記録層の結晶格子面のミラー指数（001）が他の隣接層および基板と平行になるように制御されていることも特徴としている。

【0014】本発明における情報記録媒体は軟磁性材料から成る層30を有していることから、情報記録の際に用いる磁気ヘッドは、狭い磁界分布から成る垂直磁界を記録媒体に誘起することができる。従って、用いる情報記録層（10'）である処のL10形規則合金薄膜の磁化ベクトルが膜面に対し垂直、即ち結晶格子面のミラー指数（001）が基板と平行になるよう制御された場合、急峻な垂直磁界を有効に利用できることにより高密度記録特性が著しく向上し、これは高密度記録媒体として特に好ましい。

【0015】この際、例えば図1（c）に示す如く、結晶格子面のミラー指数（100）が他の隣接層および基板と平行になるように制御されたCr、Pt、Pd、Au、Fe、Ni、MgO又はNiOの何れから選ばれる元素もしくは化合物を主成分とした下地層40を形成し、さらに本発明における層構造、すなわち軟磁性材料から成る層30と、非磁性材料から成る層20と、L10形規則合金情報記録層10"とを順次に形成することにより、当該L10形規則合金情報記録層の結晶格子面のミラー指数（001）を他の隣接層および基板と平行になるように制御することが可能となる。

【0016】また本発明における情報記録媒体は、非磁性材料から成る層20を有することにより、高い分解能を実現できる。この非磁性材料から成る層20は、軟磁性材料から成る層30とL10形規則合金薄膜層との間の磁気的な相互作用を調整し、磁気特性の改善、例えばL10形規則合金情報記録層10（10'、10"）の抗磁力を大きくする効果を示す。また、採用する非磁性材料によっては、L10形規則合金薄膜層の結晶性、結晶配向性を制御することができる。

【0017】非磁性材料から成る層20は、軟磁性材料から成る層30及びL10形規則合金薄膜層10（10'、10"）の両層と合金化しないことが好ましく、特にMgOを用いた場合、分解能の向上に著しい効果を示す。さらにMgOを用いた場合、L10形規則合金薄膜層10（10'、10"）の結晶性および結晶配向性を向上させることができ、当該情報記録層10（10'、10"）の膜厚を低減できる。従って、情報記録の際に用いる磁気ヘッドの磁界分布を狭めることができ、またその強度を強めることができることから、記録特性の向上に対する効果も期待できる。

【0018】非磁性材料から成る層20の膜厚は、ここに用いる軟磁性材料から成る層30と、L10形規則合金薄膜層10（10'、10"）との組み合わせにより適宜設計できるが、少なくとも情報記録の際に用いる磁気ヘッドが発生する記録磁界を損ねない程度の膜厚、例えば10nm程度以下の膜厚が好ましい。尚、本発明で言う処の「非磁性材料」とは、室温において、反磁性、パラ磁性、アンチフェロ磁性を示す材料を指すものとする。

【0019】本発明における軟磁性層材料から成る層30は、用いるL10形規則合金薄膜10(10', 10")の飽和磁化、情報記録の際に用いる磁気ヘッド、また記録再生システムにより、合金、酸化物、多層膜、グラニュラー膜から適宜に選ぶことができる。例えば、高い飽和磁化を有するFeもしくはFe系合金、具体的にはFe-Si合金(例えば、Si組成が1.5重量%)、Ni-Fe合金(例えば、重量組成比としてNi/Fe=1)を用いると軟磁性材料は薄膜化でき、また高い透磁率を有するNi-Fe合金(例えば、重量組成比としてNi/Fe=4)を用いると高い記録感度が得られる。このようなことから、Fe、Fe-Si合金、Ni-Fe合金は特に好ましい。またアモルファス合金、例えばCo-Zr-Nb合金を用いた場合は、記録媒体の表面平滑性を向上させることができ、情報記録・再生の際に用いる磁気ヘッドへの損傷を低減することができることから、このような材料を用いることも好適である。

【0020】軟磁性材料から成る層30の膜厚は、用いる磁気ヘッドの幾何学的な形状から設計することができ、具体的には単磁極型の記録ヘッドを用いる場合は50nm~1μm程度までの膜厚で媒体を設計することができる、リングタイプの記録ヘッドを用いる場合は5nm~50nm程度の膜厚で媒体を設計することもできる。

【0021】さらに本発明による情報記録媒体は、「スパッタ製膜法」を用いて作製することができる。すなわち、本発明の情報記録媒体の製造方法の1つの特徴は、軟磁性層30と、非磁性層20と、下記A群から選ばれるL10形規則合金情報記録層10(10', 10")とを、順次に形成していくことで、磁気記録媒体の層構造として作製する。但し、A群は、FePt規則合金、CoPt規則合金又はFePd規則合金、及びこれらの合金とする。

【0022】詳しくは、図8(a)及び図9(a)に示す本発明の情報記録媒体を作製する一連の工程(S10, S20)によれば、軟磁性層の作製ステップ(S11, S21)と、非磁性層の作製ステップ(S12, S22)と、上記L10形規則合金情報記録層として、例えばあらかじめ「溶解法」(S13a~S13b)又は他の作製法、例えば「焼結法」(S23a~S23c)のいずれかで作製しておいたスパッタターゲットを用いるFePt層のスパッタ製膜法により作製するステップ(S13, S23)と、により順次作製される。この際、L10形規則合金薄膜作製に用いられるターゲットは溶解法で作製されたものを用いた場合の方が、焼結法により作製されたものを用いた場合より、薄膜製膜の際により低い基板温度でL10形規則合金層が形成できることから特に好ましい。

【0023】なお、溶解法によりスパッタターゲットを

作製する手順は、図8(b)に示す手順で行う。すなわち、FePt規則合金を用いる場合、真空誘導溶解炉または真空アーケ溶解炉などを用い、融点以上の温度により合金原料となるFeとPtを溶解し合金化する(S13a)。この工程で得られた合金は、その後粉碎して再度溶解する工程により組成の均一化を図ってもよい。このようにして得られた合金をスパッタターゲットとして用いる為、所定の大きさ、形に成形・加工を行う(S13b)。またこの成形時に、圧延など、融点以下の温度で熱処理を行うことで、組成や結晶粒の均一化を図ることもできる。

【0024】また、焼結法でも作製可能であり、焼結法によりスパッタターゲットを作製する手順は、図9(b)に示す手順で行う。すなわち、FePt規則合金を用いる場合、合金原料となるFeとPtをそれぞれ混合しやすくする為に粉体化した後、得られた粉末を混合する(S23a)。そしてこれを鋳型に入れて融点以下で圧力を加えながら焼結を行い、所定の密度になる時、この工程を終了する(S23b)。その後、スパッタターゲットとして用いる為に、所定の大きさ、形に成形・加工を行う(S23c)。

【0025】(変形例1) またその他にも、軟磁性材料から成る層30はスパッタ製膜法だけでなく、例えば電気化学的手法で作製することも可能であり、さらには軟磁性材料で作製された基板、例えばフェライト基板を用いることでその機能を果たすことも可能である。尚、本発明において用いることの可能な基板の種類については、特に制約はないが、例えば、ガラス基板、Si基板、サファイア基板、その他セラミックスなどを用いることができる。

【0026】(評価方法) ここで、本発明による磁気記録媒体を評価するための評価基準としては、次なる評価方法に従っていることを明記しておく。すなわち、

(1) 結晶構造の評価に関しては、Cu-K α 線を用いたX線回折により行う。この際、結晶配向性の評価は、評価すべき結晶格子面に対するロッキングカーブを測定し、その半値幅を指標とする。また規則相の形成量の評価については、T. Suzuki, N. Honda and K. Ouchi (J. Magn. Soc. Jpn., 21-S2, 177 (1997))により示されている処の面心正方晶fcf(001)回折線の面積積分を膜厚で除算した値を指標とする。

【0027】(2) 磁気特性の評価には、極力一効果を用いヒステリシスループを測定し、抗磁力を求めた。またループの角形性は、残留磁化状態におけるカーリ回転角に対する最大印加磁界(13kOe)におけるカーリ回転角との比とする。

【0028】(3) 記録再生特性の評価は、線速度5.08m/sのもとで行った。二層膜垂直磁気記録媒体に情報記録する場合は、記録用磁気ヘッドとして主磁極厚が1μm、トラック幅10μmから成る薄膜単磁極

型ヘッドを用い、単層膜垂直磁気記録媒体に情報記録する場合は、記録用磁気ヘッドとしてギャップ長0.15μm、トラック幅6.46μmのリングヘッドを用いた。いずれの場合においても、再生用ヘッドとしてはシールドギャップ長0.2μm、トラック幅1.2μmから成る磁気抵抗ヘッドを用い、信号の再生を行った。尚、分解能は、各記録密度に対する信号再生出力を測定し、その最大出力値の半分の再生出力になる記録密度を指標として定義する。

【0029】 続いて、本発明を適用した幾つかの詳しい実施例を挙げ、それぞれを上記の評価方法にて従来技術で得られたものと順次比較しながら、本発明がもたらす作用効果について説明する。

【0030】

【実施例1】 本発明における実施例1の情報記録媒体は、図2(a)に示す層構造を有するものであり、次のようにして作製する。すなわち、ハードディスク基板上に、膜厚10nmのMgO層を「RFマグネトロンスパッタ法」により、次に膜厚70nmのCr層を「DCマグネトロンスパッタ法」により、次に本発明における軟磁性層として膜厚500nmのFeSi層を「DCマグネトロンスパッタ法」により、次に本発明における非磁性層として膜厚1nmのMgO層を「REマグネトロンスパッタ法」により、さらに本発明における情報記録層として膜厚13nmのFePt層を溶解法により作製したFePt合金(原子組成比としてFe/Pt=1)スパッタターゲットを用いた「RFスパッタ法」により順次製膜する。この時、FePt層のスパッタ製膜条件は、基板温度300°C、スパッタガス圧50Pa、ターゲット基板間距離は95mmである。尚、他のすべての層のスパッタ製膜条件は、基板温度50°C、スパッタガス圧0.2Pa、ターゲット基板間距離は50mmである。

【0031】 (作用効果1) 図3(a)に、上述した方法で作製された情報記録媒体のX線回折パターンを示す。図示の如く、FePt規則合金相の形成とその結晶配向性が結晶格子面のミラー指数(001)であることを示す回折パターンとなっている。このFePt層の結晶格子面のミラー指数(001)に対するロッキングカーブ半値幅は4.4度であり、次に例示する従来技術に基づく比較例1の情報記録媒体に比べ、結晶配向性に優れていることがわかる。また抗磁力は4.6kOe、角形性は1であり、次に例示する比較例1の情報記録媒体に比べ、特に角形性が著しく向上していることがわかる。

【0032】 図3(b)に、上記方法で作製された情報記録媒体の記録再生特性評価の結果を示す。図示の如く、本発明の情報記録媒体は、次に例示する比較例1、2の情報記録媒体に比べ、高い再生出力を示し、また20kFRPIの高い分解能を示すことがわかる。

【0033】 (比較例1) 本発明の情報記録媒体に対する1つの比較例として、図2(b)に例示の層構造をもち、次のような従来技術に基づく二層膜垂直磁気記録媒体を作製する例を挙げる。すなわち、上記実施例1に記載の情報記録媒体を構成する本発明による非磁性層を持たない情報記録媒体を作製する。つまりこの比較例1の記録媒体は、ハードディスク基板上にMgO層51とCr層41とFeSi層31とFePt層11が順次形成された従来構造の二層膜垂直磁気記録媒体である。尚、各層の作製条件は、実施例1記載の対応する各層のスパッタ製膜条件と同じである。この比較例1におけるFePt層11の結晶格子面のミラー指数(001)に対するロッキングカーブ半値幅は6.1度であり、実施例1に比べ結晶配向性が悪いことがわかる。また抗磁力は4.1kOe、角形性は0.8であり、特に角形性が著しく劣っている。一方、上記実施例1の情報記録媒体はこれに比べて優れている。

【0034】 また、図4(a)に示すように、この比較例1の情報記録媒体は、実施例1の情報記録媒体に比べ再生出力が低く、更に分解能は140kFRPIと著しく低い値であることがわかる。一方、上記実施例1の情報記録媒体はこの再生出力と分解能の二点でも優れていることが明らかである。

【0035】 (比較例2) 本発明の情報記録媒体に対するもう1つの比較例として、図2(c)に例示の層構造をもち、次のような従来技術による単層膜垂直磁気記録媒体を作製する。すなわち、上記実施例1記載の情報記録媒体を構成する本発明による軟磁性層と非磁性層を持たない情報記録媒体を作製する。つまりこの比較例2の媒体は、ハードディスク基板上にMgO層とCr層とFePt層が順次形成された従来構造の単層膜垂直磁気記録媒体である。この比較例2の情報記録媒体は、図4

(b)に示すように、実施例1の情報記録媒体に比べ、再生出力が著しく低く、更に分解能も190kFRPIと低い値であることがわかる。よって、この比較でも上記実施例1の情報記録媒体は再生出力、分解能において優れている。

【0036】

【実施例2】 図5には、実施例2としての情報記録媒体の層構造を示している。この例では、前述した実施例1に記載の情報記録媒体(図2)を構成する本発明に係わる非磁性層のみを、特に、膜厚10nmのCr層に変えて媒体を作製する。

【0037】 (作用効果2) この実施例2の情報記録媒体におけるFePt層の結晶格子面のミラー指数(001)に対するロッキングカーブ半値幅は5.5度、さらに抗磁力は5.1kOeを示し、従来技術に基づく比較例1の情報記録媒体に比べ、結晶配向性及び抗磁力が共に増大していることがわかる。

【実施例3】また同様にして、実施例3としての情報記録媒体の層構造としては、実施例1に記載の情報記録媒体（図2）を構成する本発明に係わる情報記録層となるFePt層の膜厚のみを、特に5nmに変えて媒体を作製してもよい。

【0039】（作用効果3）この実施例3の情報記録媒体における抗磁力は1.8kOeを示す。この値は次に例示する同じ情報記録層膜厚をもつ比較例3の情報記録媒体に比べ抗磁力が大きいことがわかる。従って、本発明における媒体構造は情報記録層膜厚が5nmと薄い場合でも使用できることを示している。

【0040】（比較例3）比較例1に記載の従来構造の情報記録媒体を構成するFePt層の膜厚のみを、5nmに変えて媒体を作製する。この媒体における抗磁力は0.2kOeとかなり小さく記録媒体として用いることが困難である。従って、従来技術による二層膜垂直磁気記録媒体構造では情報記録層厚が5nmと薄くすることが困難である。一方、この点において、実施例3の構造では薄くできる点で優れている。

【0041】

【実施例4】図6（a）には、実施例4としての情報記録媒体の層構造を示している。この例では、上述した実施例1に記載の情報記録媒体（図2）を構成する軟磁性層を500nmのFe層32に変え、FePt層11の膜厚を43nmとし、他は同じ構成から成る媒体を作製する。この際、本発明による情報記録層となるFePt層11は、溶解法により作製するFePt合金（原子組成比としてFe/Pt=1）スパッタターゲットを用い、スパッタガス圧50Pa、ターゲット基板間距離は50mm、さらに基板温度を200°C、300°C、400°Cと変えて「RFスパッタ法」により製膜を行う。

【0042】（作用効果4）図7（a）に、上記実施例4により作製したそれぞれの媒体のFePt層における規則相形成量の評価を行った結果を示す。図示の如く、次に例示する比較例4と比べ低い基板温度で規則相が形成されていることを示し、媒体作製工程上好ましい情報記録媒体であることがわかる。

【0043】（比較例4）実施例4に記載の情報記録媒体を構成する本発明による情報記録層11'を図6（b）の如く「焼結法」により作製したFePt合金（原子組成比としてFe/Pt=1）スパッタターゲットを用い、基板温度として300°C、400°C、500°CのもとでFePt層を製膜した事以外は同じ方法で、媒体を作製することも可能である。

【0044】図7（b）に示す如く、この比較例4により作製された媒体におけるFePt層においては、実施例4に比べて、規則相形成するために高い基板温度が必要となることがわかる。よって、温度の高さとそれに伴なうコストの問題が許せば、このような製造方法も有効である。

【0045】（その他の変形例）以上、好適な実施形態例と具体的な複数実施例に従って本発明を説明したが、本発明はこれらにより限定されるものではなく、例えば、成膜される層の厚さなどは、その層構造が実質的に等価である限り適宜に変更、組合せができる。そのほかにも本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の変形実施が可能である。

【0046】

【発明の効果】このように、本発明の情報記録媒体を用いれば、高い再生出力と高い分解能を両立することができる。また本発明の垂直磁気記録媒体は結晶磁気異方性の大きいL10形規則合金薄膜を用いていることから、情報の保存安定性に優れた効果を有する記録媒体を提供できる。さらに、非磁性材料から成る層によりL10形規則合金薄膜の結晶性、結晶配向性および磁気特性が向上することから、当該情報記録層の薄膜化も可能であり、将来の高密度記録に有望な情報記録媒体となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1（a）～（c）は、本発明の情報記録媒体の基本的な層構造図。

【図2】図2（a）は、本発明の実施例1の情報記録媒体の層構造図、図2（b）は、実施例1に対する比較例1の情報記録媒体の層構造図、図2（c）は、実施例1に対する比較例2の情報記録媒体の層構造図。

【図3】図3（a）は、実施例1の情報記録媒体におけるX線回折パターンを示すグラフ、図3（b）は、実施例1の記録再生信号の記録密度依存性（記録分解能）を示すグラフ。

【図4】図4（a）は、比較例1の情報記録媒体の記録再生信号（記録分解能）を示すグラフ、図4（a）は、比較例2の情報記録媒体の記録再生信号（記録分解能）を示すグラフ。

【図5】図5は、本発明の実施例2の情報記録媒体の層構造図。

【図6】図6（a）は、本発明の実施例4として溶解法による情報記録媒体の層構造図、図6（b）は、実施例4に対する比較例4として焼結法による情報記録媒体の層構造図。

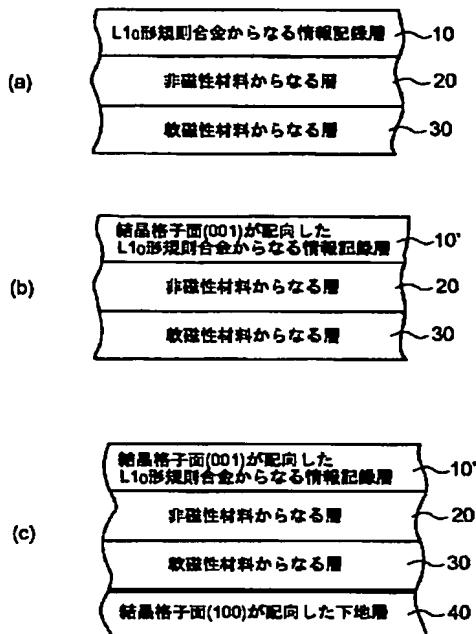
【図7】図7（a）は、実施例4で作製した情報記録媒体における製膜時の基板温度とL10形規則相形成量の関係を示すグラフ、図7（b）は、実施例4に対する比較例4における規則相形成量の評価を示すグラフ。

【図8】図8（a）、（b）は、本発明の情報記録媒体を作製する製造工程と溶解法を示すブロックフローチャート。

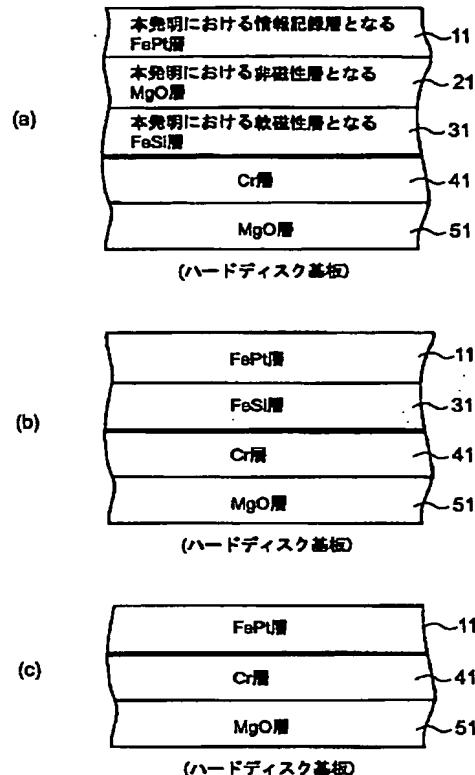
【図9】図9（a）、（b）は、本発明の情報記録媒体を作製する製造工程と焼結法を示すブロックフローチャート。

【図10】図10（a）、（b）は、従来の情報記録媒体の基本的な層構造図。

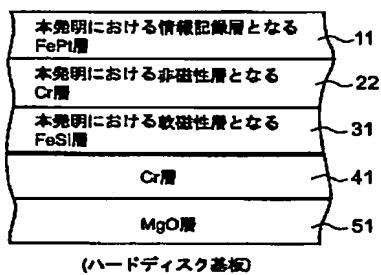
【図1】



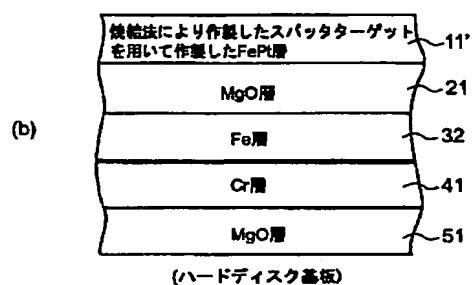
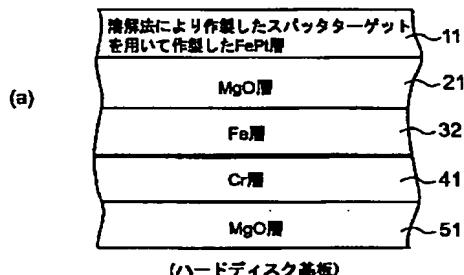
【図2】



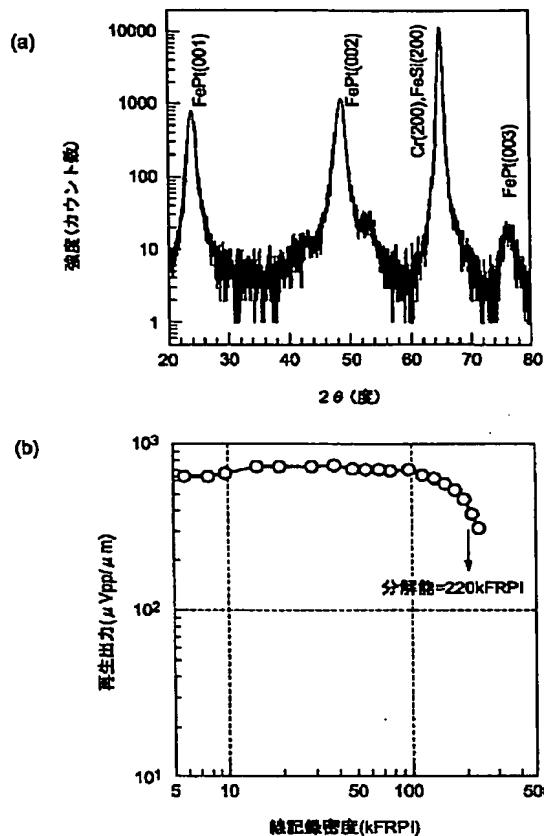
【図5】



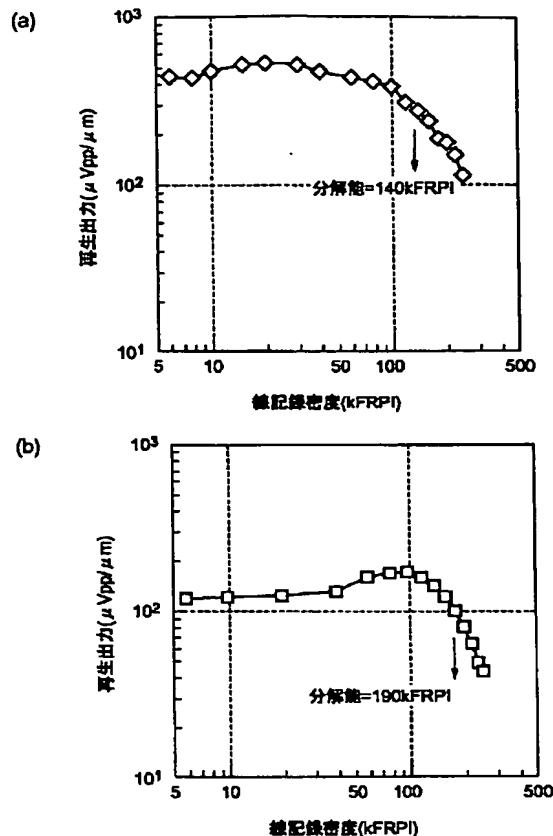
【図6】



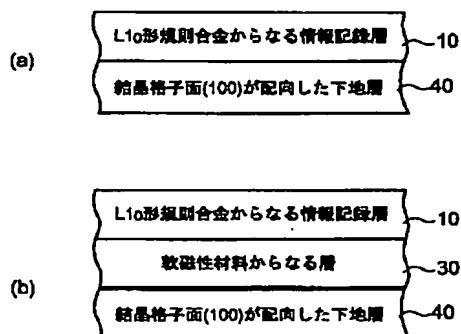
【図3】



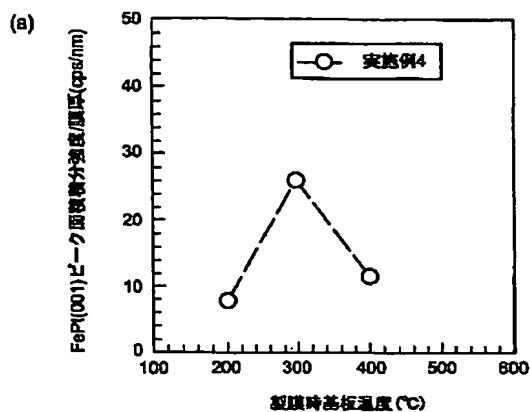
【図4】



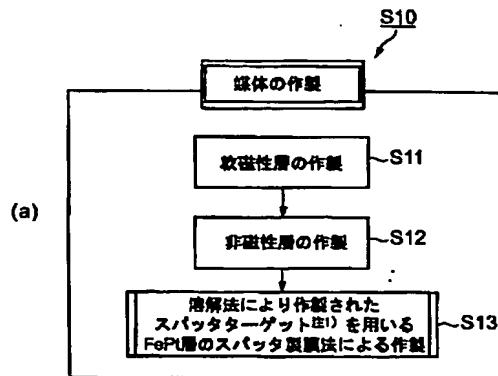
【図10】



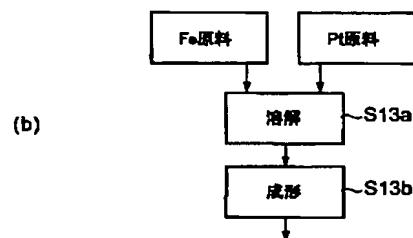
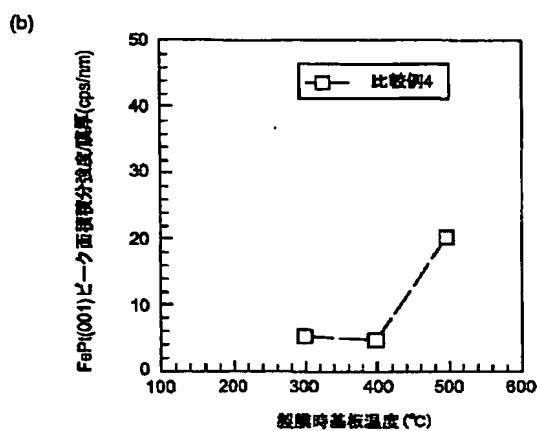
【図7】



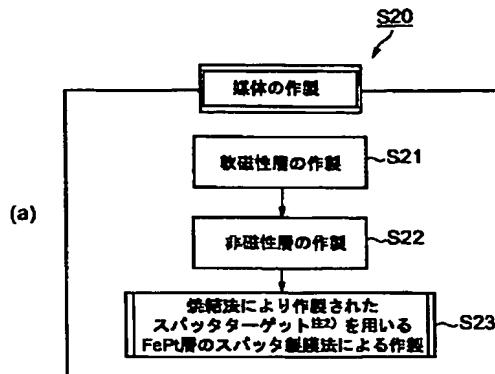
【図8】



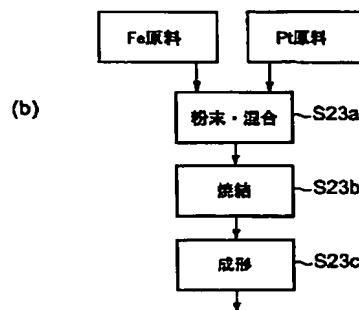
注1) 溶解法によるスパッタターゲットの作製手順



【図9】



注2) 焼結法によるスパッターゲットの作製手順



【手続補正書】

【提出日】平成12年8月18日(2000.8.18)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0009

【補正方法】変更

【補正内容】

【0009】磁気記録媒体として、[1]軟磁性材料から成る層と非磁性材料から成る層とA群(：FePt規則合金、CoPt規則合金又はFePd規則合金、及びこれらの合金)から選ばれたL10形規則合金情報記録層が順次形成された層構造を有することを特徴とする情報記録媒体を提供する。さらにこの情報記録媒体は、A群から選ばれるL10形規則合金情報記録層の結晶格子面のミラー指数(001)が上記記録層の面と平行になるように形成されている[1]記載の記録媒体である。また、上記非磁性材料がMgOであることが特徴の[1]記載の記録媒体である。或いは、上記軟磁性材料がB群(：Fe、Fe-Si合金、Ni-Fe合金)から選ばれることが特徴の[1]記載の記録媒体である。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0016

【補正方法】変更

【補正内容】

【0016】また本発明における情報記録媒体は、非磁性材料から成る層20を有することにより、高い分解能を実現できる。この非磁性材料から成る層20は、軟磁性材料から成る層30とL10形規則合金薄膜層との間の磁気的な相互作用を調整し、磁気特性の改善、例えばL10形規則合金情報記録層10(10')の抗磁力を大きくする効果を示す。また、採用する非磁性材料によつては、L10形規則合金薄膜層の結晶性、結晶配向性を制御することができる。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0017

【補正方法】変更

【補正内容】

【0017】非磁性材料から成る層20は、軟磁性材料

から成る層30及びL10形規則合金薄膜層10(10')の両層と合金化しないことが好ましく、特にMgOを用いた場合、分解能の向上に著しい効果を示す。さらにMgOを用いた場合、L10形規則合金薄膜層10(10')の結晶性および結晶配向性を向上させることができ、当該情報記録層10(10')の膜厚を低減できる。従って、情報記録の際に用いる磁気ヘッドの磁界分布を狭めることができ、またその強度を強めることができることから、記録特性の向上に対する効果も期待できる。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】0018
【補正方法】変更
【補正内容】

【0018】非磁性材料から成る層20の膜厚は、ここに用いる軟磁性材料から成る層30と、L10形規則合金薄膜層10(10')との組み合わせにより適宜設計できるが、少なくとも情報記録の際に用いる磁気ヘッドが発生する記録磁界を損ねない程度の膜厚、例えば10nm程度以下の膜厚が好ましい。尚、本発明で言う処の「非磁性材料」とは、室温において、反磁性、パラ磁性、アンチフェロ磁性を示す材料を指すものとする。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】0019
【補正方法】変更
【補正内容】

【0019】本発明における軟磁性層材料から成る層30は、用いるL10形規則合金薄膜10(10')の飽和磁化、情報記録の際に用いる磁気ヘッド、また記録再生システムにより、合金、酸化物、多層膜、グラニュラー膜から適宜を選ぶことができる。例えば、高い飽和磁化を有するFeもしくはFe系合金、具体的にはFe-Si合金（例えば、Si組成が1.5重量%）、Ni-Fe合金（例えば、重量組成比としてNi/Fe=1）を用いると軟磁性材料は薄膜化でき、また高い透磁率を有するNi-Fe合金（例えば、重量組成比としてNi/Fe=4）を用いると高い記録感度が得られる。このようなことから、Fe、Fe-Si合金、Ni-Fe合金は特に好ましい。またアモルファス合金、例えばCo-Zr-Nb合金を用いた場合は、記録媒体の表面平滑性

を向上させることができ、情報記録・再生の際に用いる磁気ヘッドへの損傷を低減することができるから、このような材料を用いることも好適である。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】0021
【補正方法】変更
【補正内容】

【0021】さらに本発明による情報記録媒体は、「スパッタ製膜法」を用いて作製することができる。すなわち、本発明の情報記録媒体の製造方法の1つの特徴は、軟磁性層30と、非磁性層20と、下記A群から選ばれるL10形規則合金情報記録層10(10')とを、順次に形成していくことで、磁気記録媒体の層構造として作製する。但し、A群は、FePt規則合金、CoPt規則合金又はFePd規則合金、及びこれらの合金とする。

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】0030
【補正方法】変更
【補正内容】
【0030】

【実施例1】本発明における実施例1の情報記録媒体は、図2(a)に示す層構造を有するものであり、次のようにして作製する。すなわち、ハードディスク基板上に、膜厚10nmのMgO層を「RFマグネトロンスパッタ法」により、次に膜厚70nmのCr層を「DCマグネトロンスパッタ法」により、次に本発明における軟磁性層として膜厚500nmのFeSi層を「DCマグネトロンスパッタ法」により、次に本発明における非磁性層として膜厚1nmのMgO層を「RFマグネトロンスパッタ法」により、さらに本発明における情報記録層として膜厚13nmのFePt層を溶解法により作製したFePt合金（原子組成比としてFe/Pt=1）スパッタターゲットを用いた「RFスパッタ法」により順次製膜する。この時、FePt層のスパッタ製膜条件は、基板温度300°C、スパッタガス圧50Pa、ターゲット基板間距離は95mmである。尚、他のすべての層のスパッタ製膜条件は、基板温度50°C、スパッタガス圧0.2Pa、ターゲット基板間距離は50mmである。

フロントページの続き

(72)発明者 大内 一弘
秋田県秋田市新屋町字砂奴寄4番地の21
秋田県高度技術研究所内

Fターム(参考) 5D006 BB01 BB05 BB08 EA03
5D112 AA04 AA05 AA06 BB01 BB02
BB05 BB06 BD03 BD05 BD08
FA04
5E049 AA01 AA09 AA10 AC05 BA06
CB02 CC01 DB12 GC01

[Title of the Invention]

**HIGH-DENSITY INFORMATION-RECORDING MEDIUM AND PRODUCTION METHOD
THEREOF**

[Abstract]

[Object]

To provide an information-recording medium that allows high-density information recording and in particular high reproduction output and high resolution during magnetic recording

[Solving Means]

An information-recording medium consisting of a layer of a soft magnetic material 30, a layer of a nonmagnetic material 20, and an information-recording layer 10 of an L1₀-type ordered alloy selected from group A formed sequentially is produced according to a predetermined producing method:

Group A: ordered FePt alloys, ordered CoPt alloys, ordered FePd alloys, and the alloys thereof.

[Claims]

1. An information-recording medium, characterized by comprising a layer structure consisting of a layer of a soft magnetic material, a layer of a nonmagnetic material, and an information-recording layer of an L1₀-type ordered alloy selected from the following group A formed sequentially:

Group A: ordered FePt alloys, ordered CoPt alloys, ordered FePd alloys, and the alloys thereof.

2. The information-recording medium according to Claim 1, wherein the information-recording layer of an L1₀-type ordered alloy selected from the group A above is formed in such a manner that the Miller index (001) of the crystal lattice plane thereof is in parallel with the plane of the recording layer.

3. The information-recording medium according to Claim 1, wherein the

nonmagnetic material is MgO.

4. The information-recording medium according to Claim 1, wherein the soft magnetic material is selected from the following group B:

Group B: Fe, Fe-Si alloys and Ni-Fe alloys.

5. A method of producing an information-recording medium characterized by forming in order a soft magnetic layer, a nonmagnetic layer, and an information-recording layer of an L1₀-type ordered alloy selected from the following group A:

Group A: ordered FePt alloys, ordered CoPt alloys, ordered FePd alloys, and the alloys thereof.

6. The method of producing an information-recording medium according to Claim 5, wherein in producing the L1₀-type ordered alloy information-recording layer, the L1₀-type ordered alloy information-recording layer is formed by a sputtering method using a sputter target prepared by a melting method.

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention]

The present invention relates to a high-density recording technology, and in particular to a magnetic recording medium having a layer structure allowing higher reproduction output and higher recording resolution and a method of producing the same.

[0002]

[Prior Art]

Recently, magnetic recording media have been under intensive research and development as the means for recording a vast amount of information, and in particular, the surface recording density is increasing extremely rapidly in magnetic recording media used in computer hard disk device. A recording method called "longitudinal recording method" that records signal by applying a magnetizing vector in the plain direction of the recording film is currently used for these recording media, but a "perpendicular recording method" that records signal by applying a magnetizing vector in the direction perpendicular to the recording

film (S. Iwasaki and Y. Nakamura; IEEE Trans. Magn., vol.MAG-13, pp.1272-1277, 1977) is attracting attention as a method allowing further high-density recording.

[0003]

On the other hand, as for the magnetic recording material, Co/Cr-based alloys are commonly used as the recording layer in any recording methods. It is possible to control the crystal orientation of the Co/Cr-based alloy formed atop the layer by adjusting the kind, crystal orientation, or lattice constant of the undercoat layer and thus, to control the direction of the magnetic easy axis that determines the direction of magnetization vector. Currently, longitudinal or perpendicular recording media having a Co/Cr-based alloy thin film prepared by such a method as the information-recording layer are under intensive research and development.

[0004]

[Problems to be Solved by the Invention]

In regard to the information-recording media employing the Co/Cr-based alloy thin film, Japanese Patent Application No. H10-162318 teaches the structure shown in FIGS. 10(a) and (b) and the production method of a perpendicular magnetic recording medium employing an L1₀-type ordered alloy thin film superior in the stability of storing information and higher in magnetocrystalline anisotropy. The perpendicular magnetic recording media prepared by this method include an information-recording medium having an undercoat layer 40 having an element or a compound selected from Cr, Pt, Pd, Au, Fe, Ni, MgO and NiO as the principal component and the information-recording layer 10 of an L1₀-type ordered alloy thin film (hereinafter, a medium having the structure shown in FIG. 10(a) will be referred to as a "perpendicular magnetic recording single-film medium").

[0005]

An information-recording medium has a layer 30 of a soft magnetic material such as Fe, FeSi alloy, or permalloy for control of recording characteristics and an information-recording layer 10 of an L1₀-type ordered alloy thin film (hereinafter, a medium

having the structure shown in FIG. 10(b) is referred to as a "perpendicular magnetic recording bilayer-film medium"). The fact that the bilayer-film perpendicular magnetic recording media were higher in reproduction output than the single-film perpendicular magnetic recording media was reported by T. Suzuki, N. Honda and K. Ouchi (1999 Digests of Intermag. 99, AT-07).

[0006]

However, the perpendicular magnetic recording bilayer-film medium has a dependence of its reproduction output on recording density greater than the perpendicular magnetic recording single-film medium; specifically, the recording density at which the reproduction output becomes half at lower recording density (hereinafter, referred to as resolution) is lower; and such a phenomenon is not desirable in high-density recording using a practical signal-reproducing system. So far, there is no perpendicular magnetic recording media employing an L1₀-type ordered alloy thin film higher in magnetocrystalline anisotropy that allows both high reproduction output and high resolution proposed.

[0007]

Accordingly, it is an object of the present invention to provide an information-recording medium higher in reproduction output and resolution that employs an L1₀-type ordered alloy thin film higher in magnetocrystalline anisotropy.

[0008]

[Means for Solving the Problems]

The present invention was made under the circumstances above and provides the following means to solve the problems and achieve the object. As described in claims, in a first aspect, the present invention proposes a magnetic recording medium in a new layer structure having an L1₀-type ordered alloy information-recording layer as the information-recording layer for high reproduction output and recording resolution, and a method of producing the same.

[0009]

The present invention provides as a magnetic recording medium: [1] an information-recording medium characterized by having a layer structure consisting of a layer of a soft magnetic material, a layer of a nonmagnetic material, and an information-recording layer of an L1₀-type ordered alloy selected from group A (ordered FePt alloys, ordered CoPt alloys, ordered FePd alloys, and the alloys thereof) sequentially; the information-recording medium described in [1], wherein the information-recording layer of an L1₀-type ordered alloy selected from the A group is formed in such a manner that the Miller index (001) of the crystal lattice plane thereof is in parallel with the plane of the recording layer; the recording medium described in [1], wherein the nonmagnetic material is MgO; and the recording medium described in [1], wherein the soft magnetic material is selected from group B (: Fe, Fe-Si alloys, and Ni-Fe alloys).

[0010]

The present invention also provides as a method of producing the information-recording medium: [5] a method of producing an information-recording medium characterized by forming a soft magnetic layer, a nonmagnetic layer, and An information-recording layer of an L1₀-type ordered alloy selected from group A (ordered FePt alloys, ordered CoPt alloys, ordered FePd alloys, and the alloys thereof) sequentially; and the production method described in [5], wherein in producing the L1₀-type ordered alloy information-recording layer, the L1₀-type ordered alloy information-recording layer is formed by a sputtering method using a sputter target prepared by a melting method.

[0011]

[Mode for Carrying Out the Invention]

The present invention teaches a magnetic recording medium having a new layer structure that is higher in reproduction output and recording resolution and a production method of forming the new layer structure of recording medium. Hereinafter, favorable embodiments of the present invention will be described and then, the invention will be described in detail with reference to multiple Examples.

[0012]

Among magnetic information-recording media for recording and reproducing information, the information-recording medium according to the present invention, in particular, is mainly characterized by comprising a layer structure consisting of a layer of a soft magnetic material 30, a layer of a nonmagnetic material 20, and an information-recording layer 10 of an L1₀-type ordered alloy selected from the following group A sequentially, as shown in FIG. 1(a). The group A consists of ordered FePt alloys, ordered CoPt alloys, ordered FePd alloys, and the alloys thereof.

[0013]

Characteristically in the invention, as shown in FIG. 1(a), the information-recording layer 10 of an L1₀-type ordered alloy selected from the group A above higher in magnetocrystalline anisotropy is used for obtaining an information-recording medium superior in the stability of storing information. The thickness of the L1₀-type ordered alloy thin film 10, which may be determined from the viewpoint of record reproduction characteristics, is not particularly limited, but can be designed in the range of approximately 5 to 200 nm. In addition as shown in FIG. 1(b), in the information-recording medium according to the present invention, the information-recording layer of an L1₀-type ordered alloy selected from the group A above is characteristically formed in such a manner that the Miller index (001) of the crystal lattice plane thereof is in parallel with those of other neighboring layers and the substrate.

[0014]

Because the information-recording medium according to the present invention has a layer of a soft magnetic material 30, a magnetic head for use during information recording can induce a perpendicular magnetic field narrower in magnetic field distribution in the recording medium. Accordingly, if the magnetizing vector of the L1₀-type ordered alloy thin film used as an information-recording layer (10') is adjusted into the direction perpendicular to the film surface, or if the Miller index (001) of the crystal lattice plane is adjusted to be in parallel with the substrate, it becomes possible to use a steep perpendicular magnetic field efficiently and

improve high-density recording characteristics drastically, which is particularly preferable for a high-density recording medium.

[0015]

For example as shown in FIG. 1(c), by forming an undercoat layer 40 containing an element or compound selected from any of Cr, Pt, Pd, Au, Fe, Ni, MgO and NiO as the principal component and having a crystal lattice plane with the Miller index (100) adjusted into the direction in parallel with the other neighboring layers and substrate and additionally the layer structure according to the invention, i.e., a layer of a soft magnetic material 30, a layer of a nonmagnetic material 20, and an information-recording layer of an L1₀-type ordered alloy 10" in order, it becomes possible to adjust the Miller index (001) of the crystal lattice plane of the L1₀-type ordered alloy information-recording layer in the direction in parallel with the other neighboring layers and substrate.

[0016]

In addition, the information-recording medium according to the present invention allows higher resolution, by having a layer of a nonmagnetic material 20. The layer of a nonmagnetic material 20 regulates the magnetic interaction between the layer of a soft magnetic material 30 and the L1₀-type ordered alloy thin film layer, and thus, is effective in improving magnetic properties, for example, in raising the coercive force of the L1₀-type ordered alloy information-recording layer 10 (10'). It can also regulate the crystallinity and crystal orientation of the L1₀-type ordered alloy thin film layer, depending on the nonmagnetic material used.

[0017]

The layer of a nonmagnetic material 20 is preferably not alloyed with either the layer of a soft magnetic material 30 or the L1₀-type ordered alloy thin film layer 10 (10'), and exerts a drastic effect on the resolution, particularly when MgO is used. When MgO is used, the layer also improves the crystallinity and the crystal orientation of the L1₀-type ordered alloy thin film layer 10 (10') and allows reduction in the thickness of the information-recording layer 10

(10'). Thus, it becomes possible to reduce the magnetic field distribution of the magnetic head for use during information recording and also increase the intensity thereof, which would be effective in improving recording characteristics.

[0018]

The thickness of the layer of a nonmagnetic material 20 can be designed suitably according to the combination with the layer of a soft magnetic material 30 and the L1₀-type ordered alloy thin film layer 10 (10') used, but preferable is at least a film thickness that does not impair the recording magnetic field generated by the magnetic head for use during information recording, for example, approximately 10 nm or less. The "nonmagnetic materials" in the present invention mean materials that are diamagnetic, paramagnetic, or antiferromagnetic at room temperature.

[0019]

The layer of a soft magnetic layer material 30 according to the present invention can be selected from alloys, oxides, multilayer films, and granular films properly depending on the saturation magnetization of the L1₀-type ordered alloy thin film 10 (10'), the magnetic head for use during information recording, and the recording/reproducing system used. For example, it is possible to reduce the thickness of soft magnetic material by using a Fe or Fe-based alloy having high saturation magnetization, especially a Fe-Si alloy (e.g., containing Si at 1.5 wt %), or a Ni-Fe alloy (e.g., Ni/Fe=1 by weight), while it is possible to obtain high recording sensitivity by using a Ni-Fe alloy having high magnetic permeability (e.g., Ni/Fe=4 by weight). For these reasons, Fe, Fe-Si alloys, and Ni-Fe alloys are particularly favorable. It is also possible to improve the surface smoothness of recording medium by using an amorphous alloy, for example a Co-Zr-Nb alloy and reduce the damage of the magnetic head for use during information recording and reproduction, and thus, use of such materials is also favorable.

[0020]

The thickness of the layer of a soft magnetic material 30 can be designed from the geometrical shape of the magnetic head used, and specifically, it is possible to design a medium

having a thickness in the range of approximately 50 nm to 1 μ m, when a monopolar magnetic recording head is used and a medium having a thickness in the range of approximately 5 to 50 nm when a ring-type recording head is used.

[0021]

The information-recording medium according to the present invention may be produced by "sputtering method". In one aspect of the method of producing the information-recording medium according to the present invention, the layer structure of magnetic recording medium is formed by forming a soft magnetic layer 30, a nonmagnetic layer 20, and an information-recording layer of an L1₀-type ordered alloy selected from the following group A 10 (10') in order. The group A consists of ordered FePt alloys, ordered CoPt alloys, ordered FePd alloys, and the alloys thereof.

[0022]

Specifically, as shown by a series of steps (S10 and S20) in FIGS. 8(a) and 9(a), the information-recording medium according to the present invention is prepared sequentially in a step of forming a soft magnetic layer (S11 or S21), a step of forming a nonmagnetic layer (S12 or S22), and a step of forming a FePt layer by sputtering (S13 or S23) as the L1₀-type ordered alloy information-recording layer, by using a sputter target previously prepared, for example, by "melting method" (S13a and S13b) or other production process, for example "sintering method" (S23a to S23c). The target for use in formation of the L1₀-type ordered alloy thin film is particularly preferably a target prepared by the melting method, because it is possible to form an L1₀-type ordered alloy layer at a lower substrate temperature during thin film formation than when a target prepared by the sintering method is used.

[0023]

The procedure for preparing the sputter target by the melting method is shown in FIG. 8(b). For preparation of an ordered FePt alloy, raw alloy materials, Fe and Pt, are melted and alloyed at a temperature of the melting point or higher by using, for example, a vacuum-induced or vacuum-arc melting furnace (S13a). The alloy obtained in the step may

be subjected to steps of pulverizing and melting the alloy once again, for improvement of the uniformity in composition. The alloy thus obtained is then molded and converted into a particular size and shape for use as a sputter target (S13b). During the molding, it is possible to improve the uniformity in composition and the size of crystal grains by heat-treating the alloy at a temperature of the melting point or lower, for example, by rolling.

[0024]

Alternatively, the target may also be prepared by the sintering method, and the procedure of preparing the sputter target by sintering method is shown in FIG. 9(b). For preparation of an ordered FePt alloy, raw alloy materials, Fe and Pt, are pulverized into powders respectively for convenience in mixing, and the powders obtained are mixed (S23a). Then, these powders are placed in a mold and sintered at a temperature of melting point or lower under pressure, until the alloy has a particular density (S23b). Then, the alloy is molded and converted into a particular size and shape for use as a sputter target (S23c).

[0025]

(Modified embodiment 1)

Alternatively, the layer of a soft magnetic material 30 can be prepared, for example, by electrochemical method, in addition to the sputtering method, and the function may be substituted by using a substrate prepared from a soft magnetic material, for example a ferrite substrate. The substrate for use in the present invention is not particularly limited in kind, but, for example, glass substrate, Si substrate, sapphire substrate, ceramics, and the like may be used.

[0026]

(Evaluation method)

It should be noted that evaluation of the magnetic recording media according to the present invention is performed by the following evaluation methods. That is, (1) the crystal structure is evaluated by X-ray diffraction using a Cu-K α ray. The crystal orientation is evaluated then by determining the rocking curve for the crystal lattice plane to be examined

and using the half-value width as an indicator. Alternatively, the amount of ordered phase formed is evaluated by using the value obtained by dividing the areal integral of (001) diffraction line of a face-centered tetragonal crystalline system fct by the film thickness as an indicator, as described by T. Suzuki, N. Honda and K. Ouchi (J. Magn. Soc. Jpn., 21-S2, 177 (1997)).

[0027]

(2) For evaluation of magnetic properties, the coercive force was determined by measuring the hysteresis loop by using magnetic force/response relationship. The squareness of the loop is defined as the ratio of the Kerr rotation angle at the highest magnetic field applied (13 kOe) to the Kerr rotation angle in the remanent-magnetism state.

[0028]

(3) Record reproduction characteristics were evaluated at a linear velocity of 5.08 m/s. A monopolar magnetic thin film head having a main magnetic pole thickness of 1 μm and a track width of 10 μm was used as the magnetic recording head for recording information on a perpendicular magnetic recording bilayer-film medium, while a ring head having a gap length of 0.15 μm and a track width of 6.46 μm was used as the magnetic recording head for recording information on a perpendicular magnetic recording single-film medium. In both cases, a magnetoresistive head having a shield gap length of 0.2 μm and a track width of 1.2 μm was used as the head for reproduction of signal. As for the resolution, a recording density giving an output half in intensity of the maximum output, as determined by measuring the reproduced signal output at each recording density, is defined as the indicator.

[0029]

Hereinafter, the advantageous effects of the present invention will be described with reference to some detailed Examples to which the present invention is applied, in comparison of the results obtained by the evaluation methods with those of the products prepared by traditional methods.

[0030]

[Example 1]

The information-recording medium in Example 1 of the present invention has the layer structure shown in FIG. 2(a) and is prepared as follows. That is, an MgO layer having a film thickness of 10 nm was formed by "RF magnetron sputter method" on a hard disk substrate, then a Cr layer having a film thickness of 70 nm by "DC magnetron sputtering method", then a FeSi layer having a film thickness of 500 nm by "DC magnetron sputtering method" as the soft magnetic layer according to the present invention, then an MgO layer having a film thickness of 1 nm by "RF magnetron sputter method" as the nonmagnetic layer according to the present invention, and further a FePt layer having a film thickness of 13 nm by "RF sputtering method" using a FePt alloy (atomic composition: Fe/Pt=1) sputter target prepared by the melting method as the information-recording layer according to the present invention, in that order. The sputtering deposition conditions for the FePt layer then are as follows: substrate temperature: 300°C, sputter gas pressure: 50 Pa, and distance between target and substrate: 95 mm. The sputtering deposition conditions for all other layers are as follows: substrate temperature: 50°C, sputter gas pressure: 0.2 Pa, and distance between target and substrate: 50 mm.

[0031]

(Operational advantage 1)

FIG. 3(a) shows the X-ray diffraction pattern of an information-recording medium prepared by the method described above. As shown in the figure, it is a diffraction pattern indicating that an ordered FePt alloy phase is formed and the crystal orientation thereof is in accord with the Miller index (001) of the crystal lattice plane. The rocking curve half value width for the Miller index (001) of the crystal lattice plane of the FePt layer is 4.4 degrees, indicating that the information-recording medium is superior in crystal orientation to the information-recording medium of Comparative Example 1 prepared by a traditional method exemplified below. Alternatively, the coercive force is 4.6 kOe and the squareness is 1, indicating that the information-recording medium is improved significantly, especially in

squareness, from that of Comparative Example 1 exemplified below.

[0032]

FIG. 3(b) shows the evaluation results on the record reproduction characteristics of the information-recording medium prepared by the method above. As shown in the figure, it is obvious that the information-recording medium according to the present invention is higher in reproduction output than the information-recording media of Comparative Examples 1 and 2 exemplified below and shows a high resolution of 220 kFRPI.

[0033]

(Comparative Example 1)

As a Comparative Example of the information-recording medium according to the present invention, an example of preparing a perpendicular magnetic recording bilayer-film medium having the layer structure exemplified in FIG. 2(b) based on the following traditional method will be described here. An information-recording medium having no nonmagnetic layer according to the present invention, which was included in the information-recording medium described in Example 1 above, is prepared. In other words, the recording medium of Comparative Example 1 is perpendicular magnetic recording bilayer-film medium having a conventional structure consisting of a MgO layer 51, a Cr layer 41, a FeSi layer 31, and a FePt layer 11 are formed in order on a hard disk substrate. The conditions for forming each layer are the same as the sputtering deposition conditions for each corresponding layer described in Example 1. The rocking curve half-value width for the Miller index (001) of the crystal lattice plane of the FePt layer 11 of Comparative Example 1 is 6.1 degrees, indicating that crystal orientation of the layer is lower than that of Example 1. In addition, the coercive force is 4.1 kOe and the squareness is 0.8, indicating that the layer is particularly lower in squareness. On the other hand, the information-recording medium of Example 1 above is superior to this medium.

[0034]

As shown in FIG. 4(a), it is obvious that the information-recording medium of

Comparative Example 1 is lower in reproduction output than the information-recording medium of Example 1 and shows a drastically lower resolution of 140 kFRPI. On the other hand, the information-recording medium of Example 1 above is obviously superior both in reproduction output and resolution.

[0035]

(Comparative Example 2)

As another Comparative Example of the information-recording medium according to the present invention, a perpendicular magnetic recording single-film medium having the layer structure exemplified in FIG. 2(c) is prepared based on the following traditional method. That is, an information-recording medium having none of soft magnetic and nonmagnetic layers, which are included in the information-recording medium according to the present invention described in Example 1 above, is prepared. In other words, the medium of Comparative Example 2 is a perpendicular magnetic recording single-film medium having a conventional structure consisting of an MgO layer, a Cr layer, and a FePt layer formed in that order on a hard disk substrate. As apparent from FIG. 4(b), the information-recording medium of Comparative Example 2 is significantly lower in reproduction output than the information-recording medium of Example 1 and has a low resolution of 190 kFRPI. Thus, the information-recording medium of Example 1 above is superior in reproduction output and resolution also in this comparison.

[0036]

[Example 2]

FIG. 5 shows the layer structure of an information-recording medium formed as Example 2. In this Example, a medium is prepared in a similar manner to Example 1, except that the nonmagnetic layer according to the present invention, which is included in the information-recording medium described above in Example 1 (FIG. 2), is replaced with a Cr layer having a film thickness of 10 nm.

[0037]

(Operational advantage 2)

The rocking curve half-value width for the Miller index (001) of the crystal lattice plane of the FePt layer of the information-recording medium of Example 2 is 5.5 degrees and the coercive force is 5.1 kOe, indicating increase in crystal orientation and coercive force over the information-recording medium of Comparative Example 1 that is prepared based on the traditional method.

[0038]

[Example 3]

As for the layer structure of the information-recording medium of Example 3, a medium may be prepared similarly to Example 1, except that the thickness of a FePt layer, i.e., the information-recording layer according to the present invention, which is included in the information-recording medium described in Example 1 (FIG. 2), is changed in particular to 5 nm.

[0039]

(Operational advantage 3)

The coercive force of the information-recording medium of Example 3 is 1.8 kOe. The value is higher than the coercive force of the information-recording medium of Comparative Example 3 exemplified below having the same information-recording layer thickness. The result indicates that it is possible to use the medium structure according to the invention even when the thickness of the information-recording layer is as thin as 5 nm.

[0040]

(Comparative Example 3)

A medium is prepared in a similar manner to Comparative Example 1, except that the thickness of the FePt layer included in the information-recording medium having a conventional structure described in Comparative Example 1 is changed to 5 nm. The coercive force of the medium is significantly lower at 0.2 kOe and thus, the medium is unsuitable for use as a recording medium. Thus, it is difficult to thin the information-recording layer thickness

to 5 nm in the perpendicular magnetic recording bilayer-film medium structure prepared by traditional method. On the other hand, the structure of Example 3 is advantageous in this point, because the layer can be thinned.

[0041]

[Example 4]

FIG. 6(a) shows the layer structure of the information-recording medium formed in Example 4. In this example, a medium was prepared similarly, except that the soft magnetic layer included in the information-recording medium described above in Example 1 (FIG. 2) is replaced with a Fe layer 32 having a thickness of 500 nm and the thickness of the FePt layer 11 is changed to 43 nm. At the time, the information-recording layer according to the present invention, i.e., the FePt layer 11, is formed by the "RF sputtering method" and using a FePt alloy (atomic composition: Fe/Pt=1) sputter target prepared by melting method under the conditions of a sputter gas pressure of 50 Pa, a distance between target and substrate of 50 mm, and substrate temperatures of 200°C, 300°C, and 400°C.

[0042]

(Operational advantage 4)

FIG. 7(a) shows the results of evaluating the amount of ordered phase formed in the FePt layer in the media respectively prepared in Example 4 above. The figure shows that the ordered phase is formed at a temperature lower than that in Comparative Example 4 exemplified below and the information-recording medium is favorable from the point of medium production step.

[0043]

(Comparative Example 4)

It is also possible to prepare media similarly to Example 4, except that an FePt layer is deposited as the information-recording layer 11' according to the present invention, which is included in the information-recording medium described in Example 4, by using an FePt alloy (atomic composition: Fe/Pt=1) sputter target prepared by "sintering method" at substrate

temperatures of 300°C, 400°C, and 500°C as shown in FIG. 6(b).

[0044]

As apparent from FIG. 7(b), it is necessary to use a higher substrate temperature to form an ordered phase in the FePt layer in the medium prepared in Comparative Example 4 than in Example 4. Thus, such a production method may be effective, if the height of temperature and the associated cost permit.

[0045]

(Other modified embodiment)

The present invention has been described so far with reference to favorable embodiments and multiple typical Examples, but it should be understood that the present invention is not restricted thereby, and for example, thickness of the formed layers may be changed arbitrarily if the layer structure is substantially the same. In addition, various modifications of the present invention are possible without departing from the scope of the invention

[0046]

[Effect of the invention]

As described above, use of the information-recording medium according to the present invention results both in high reproduction output and high resolution. In addition, the perpendicular magnetic recording medium according to the present invention, which uses an L1₀-type ordered alloy thin film higher in magnetocrystalline anisotropy, provides a recording medium superior in information storage stability. Further, because presence of a layer of a nonmagnetic material improves the crystallinity, crystal orientation and magnetic properties of the L1₀-type ordered alloy thin film, it is possible to reduce the thickness of the information-recording layer and thus, the information-recording medium according to the present invention is promising as an information-recording medium for high-density recording in the future.

[Brief Description of the Drawings]

FIGS. 1(a) to (c) are drawings illustrating the basic layer structures of the information-recording media according to the present invention.

FIG. 2(a) is a drawing illustrating the layer structure of the information-recording medium in **Example 1** of the present invention; **FIG. 2(b)** is a drawing illustrating the layer structure of the information-recording medium in **Comparative Example 1** for comparison with **Example 1**; and **FIG. 2(c)** is a drawing illustrating the layer structure of the information-recording medium in **Comparative Example 2** for comparison with **Example 1**.

FIG. 3(a) is a graph showing the X-ray diffraction pattern of the information-recording medium of **Example 1**; and **3(b)** is a graph showing the dependence of the record reproduction signal of **Example 1** on recording density (recording resolution).

FIG. 4(a) is a graph showing the record reproduction signal (recording resolution) of the information-recording medium of **Comparative Example 1**; and **FIG. 4(b)** is a graph showing the record reproduction signal (recording resolution) of the information-recording medium of **Comparative Example 2**.

FIG. 5 is a drawing illustrating the layer structure of the information-recording medium in **Example 2** of the present invention.

FIG. 6(a) is a drawing illustrating the layer structure of the information-recording medium prepared by a melting method as **Example 4** of the present invention; and **FIG. 6(b)** is a drawing illustrating the layer structure of the information-recording medium prepared by a sintering method as **Comparative Example 4** of the present invention for comparison with **Example 4**.

FIG. 7(a) is a graph showing the relationship between the substrate temperature during film deposition on the information-recording medium prepared in **Example 4** and the amount of the $L1_0$ -type ordered phase formed; and **FIG. 7(b)** is a graph showing the evaluation results on the amount of ordered phase formed in **Comparative Example 4** for comparison with **Example 4**.

FIGS. 8(a) and (b) are block flowcharts showing the production process for the

information-recording medium according to the present invention and the melting method.

FIGS. 9(a) and (b) are block flowcharts showing the production process for the information-recording medium according to the present invention and the sintering method.

FIGS. 10(a) and (b) are drawings illustrating the basic layer structures of conventional information-recording media.

FIG. 1
[図 1]

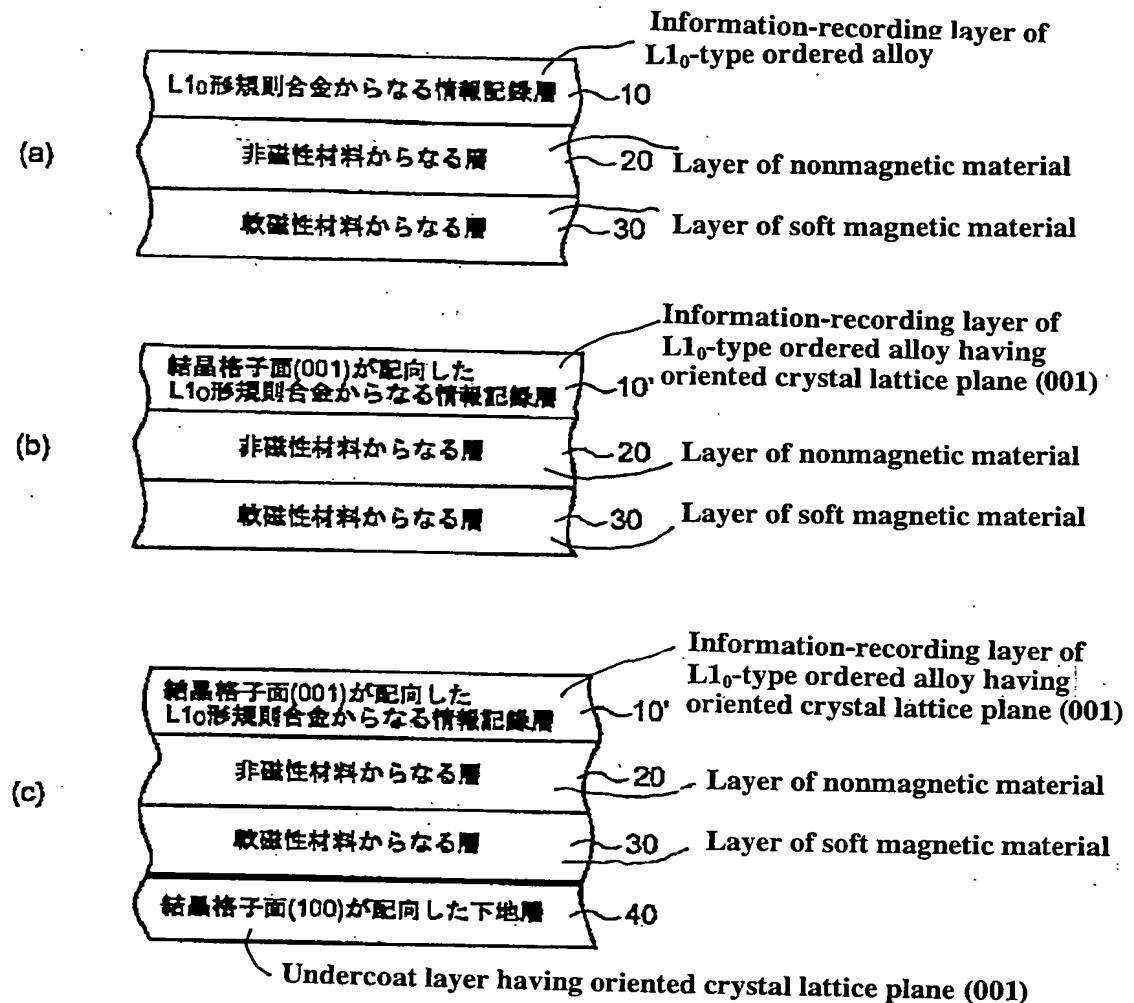
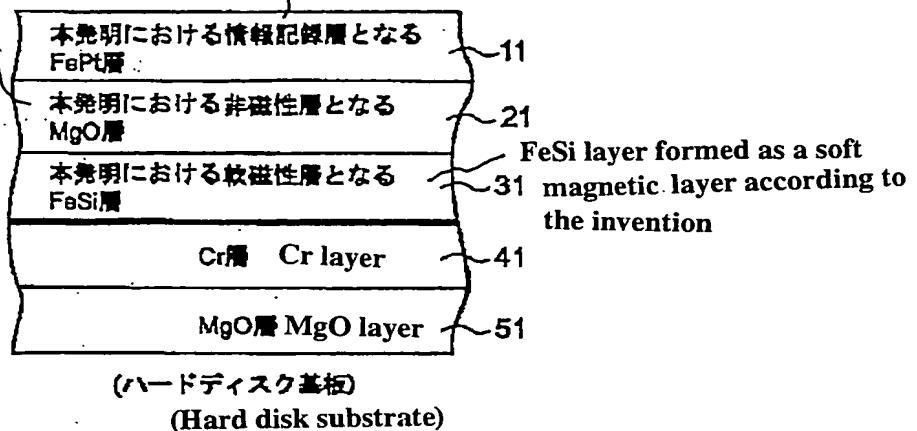


FIG. 2

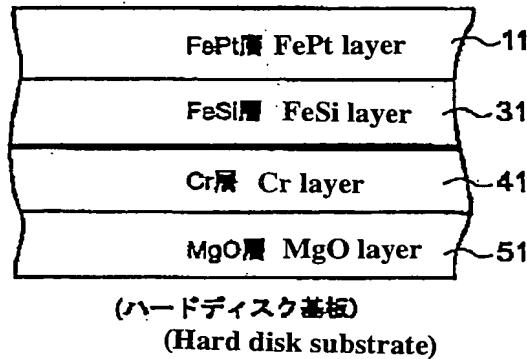
【図2】 FePt layer formed as an information-recording layer according to the invention

MgO layer formed as a nonmagnetic layer according to the invention

(a)



(b)



(c)

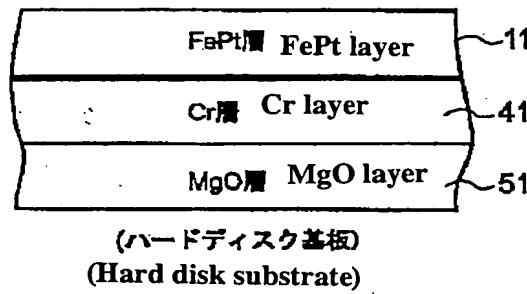


FIG. 3
[図 3]

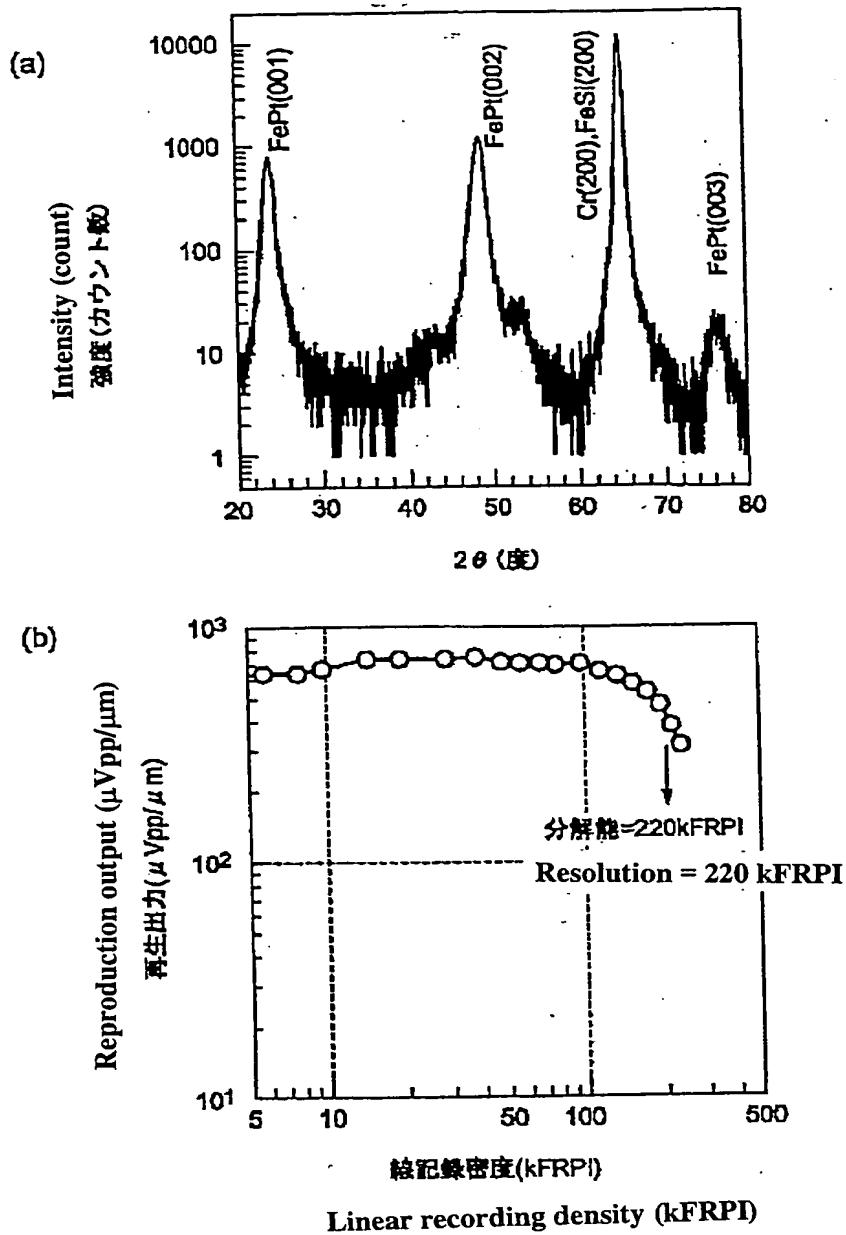


FIG. 4
[図4]

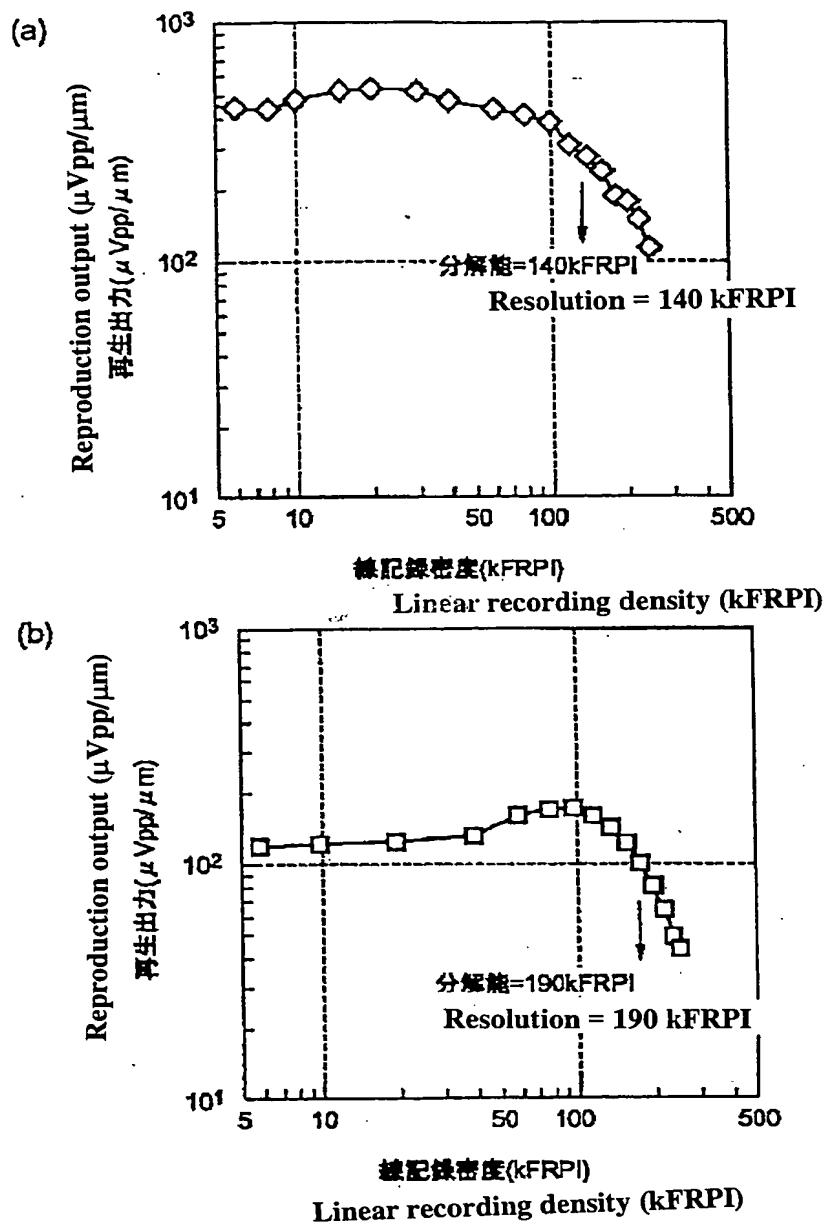


FIG. 5

【図5】

FePt layer formed as an information-recording
layer according to the invention

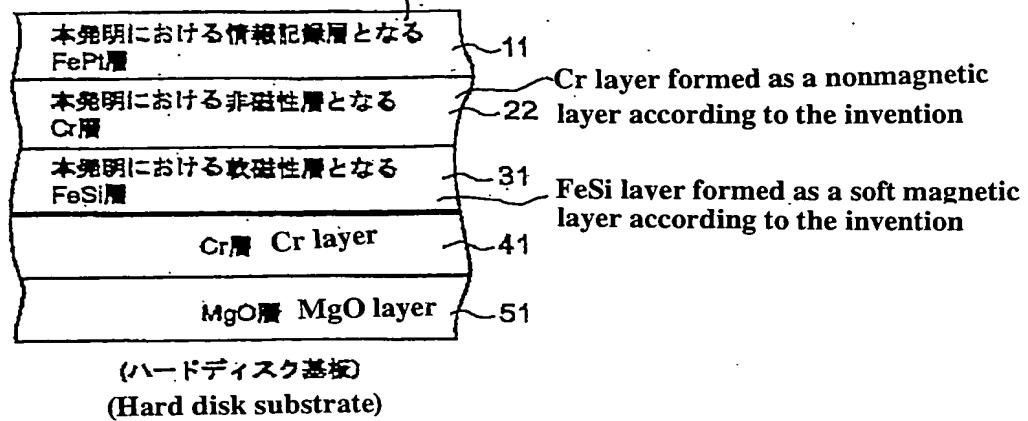
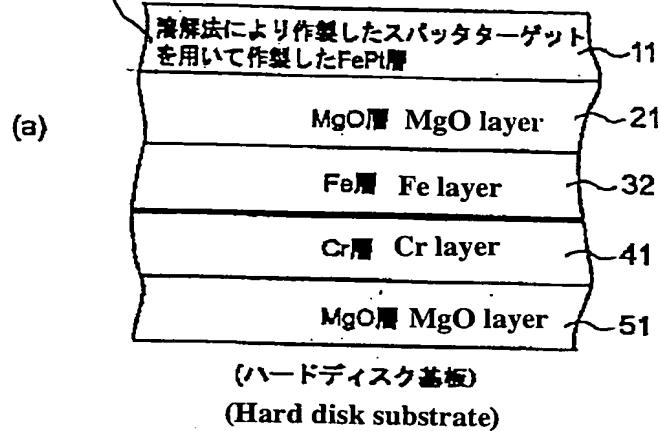


FIG. 6

【図6】

FePt layer prepared by using a sputter target prepared by melting method



FePt layer prepared by using a sputter target prepared by sintering method

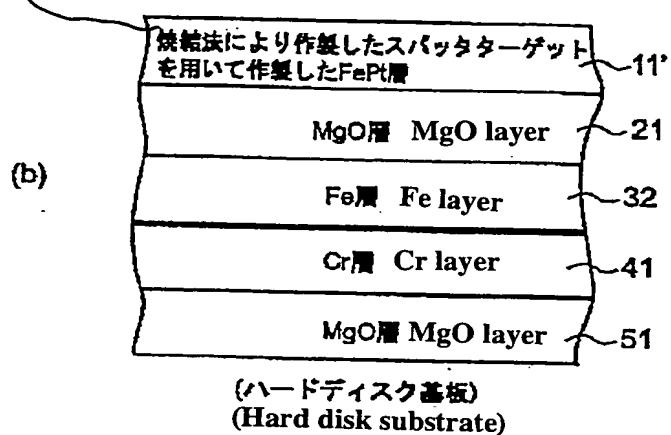


FIG. 7
[図 7]

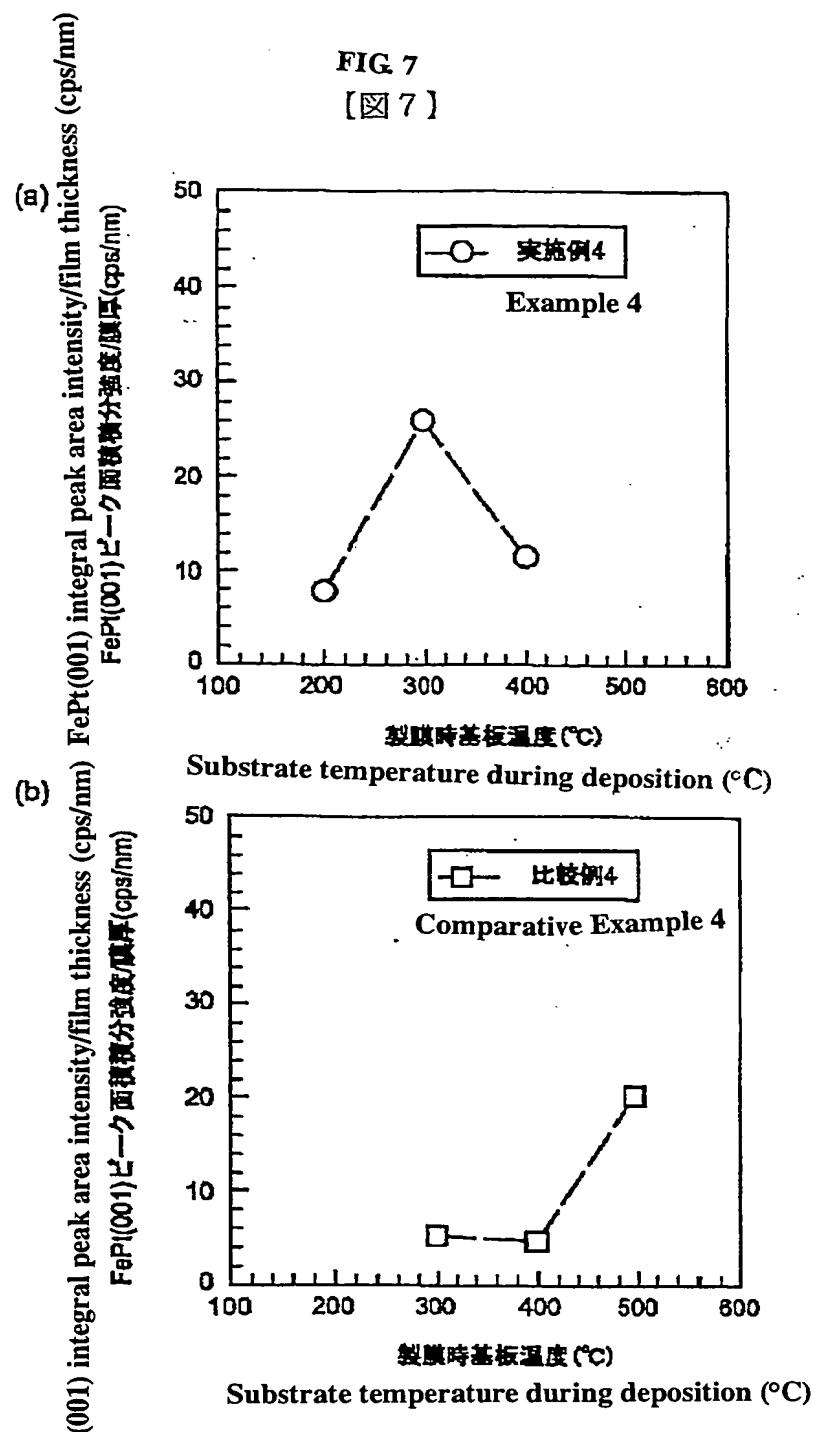
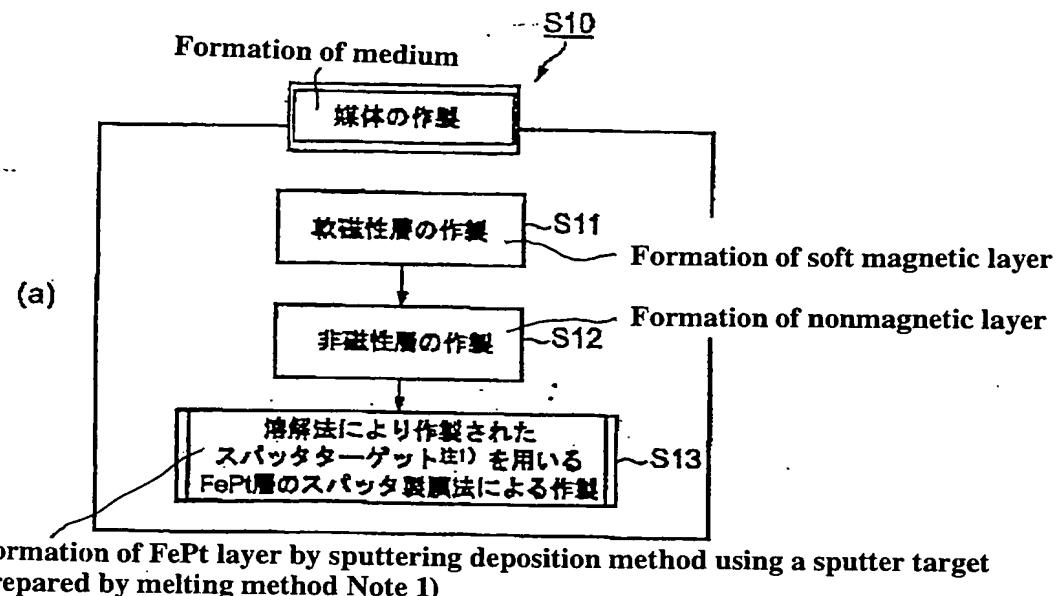


FIG. 8
[図 8]



注1) 溶解法によるスパッタターゲットの作製手順

Note 1) Procedure of preparing a sputter target by melting method

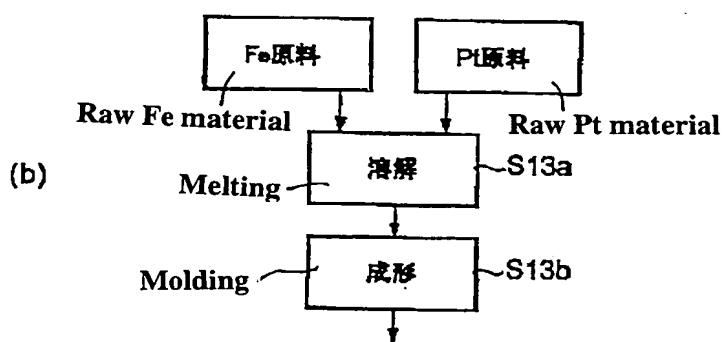
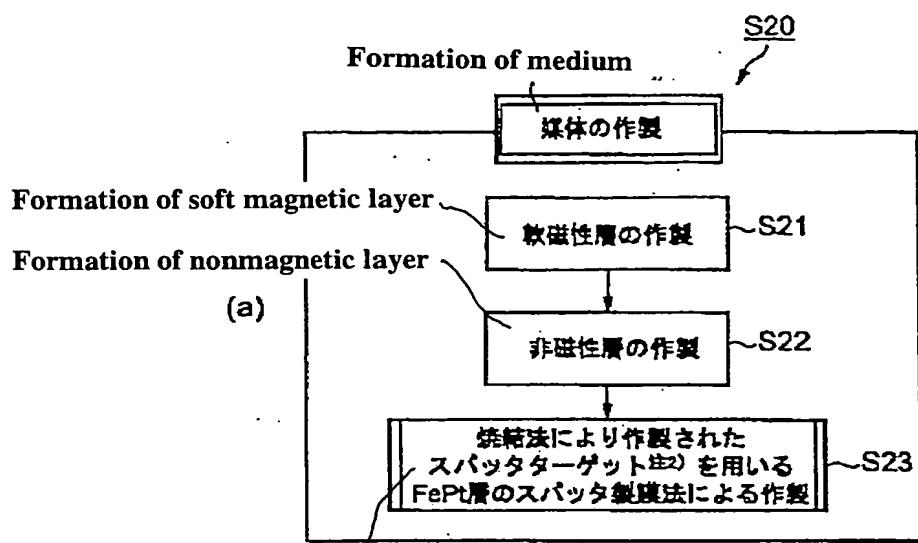


FIG. 9

[図9]



Formation of FePt layer by sputtering deposition method using a sputter target prepared by sintering method Note 2)

注2) 焼結法によるスパッタターゲットの作製手順

Note 2) Procedure of preparing a sputter target by sintering method

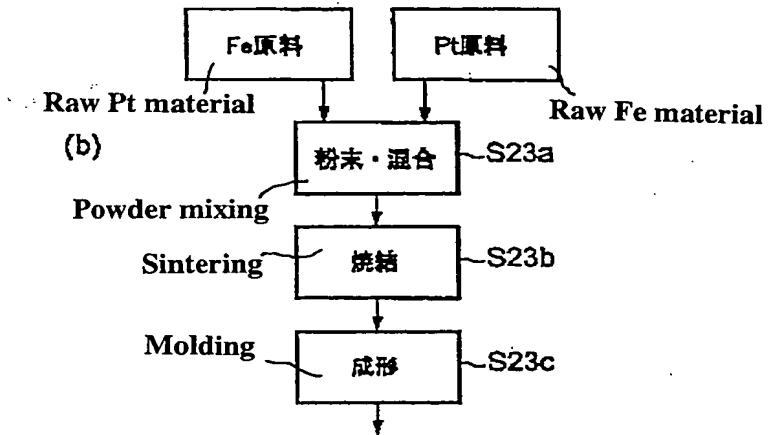


FIG. 10
[図 10]

